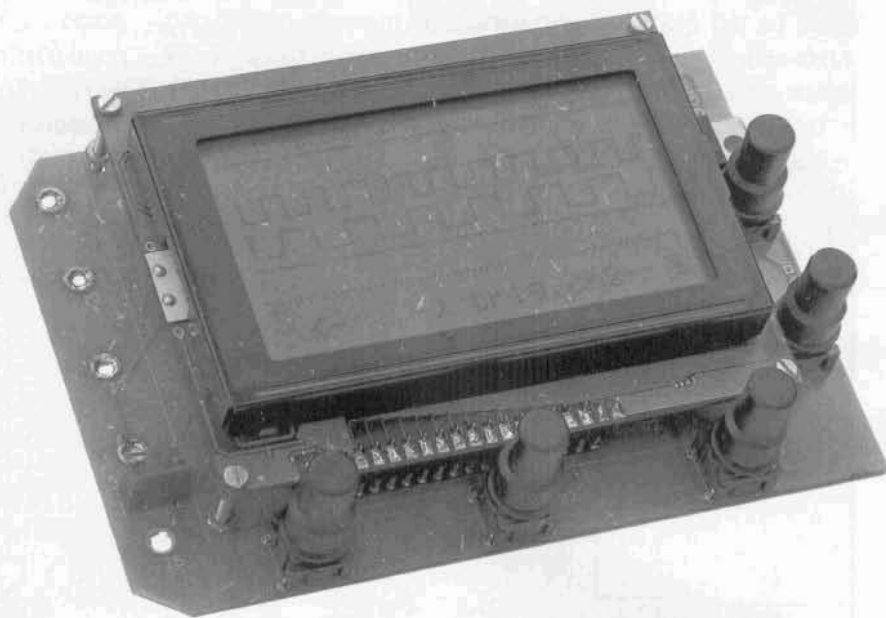


# Παρακολουθώντας τα ...bit

## Ένας απλός λογικός αναλυτής 4 καναλιών

Από τον Ronald Bruijn

Στη σημερινή εποχή, όπου όλες οι σύγχρονες ηλεκτρονικές συσκευές βασίζονται σε μικροελεγκτές, η παρουσία ενός λογικού αναλυτή στον πάγκο του εργαστηρίου μας είναι κάτι παραπάνω από επιτακτική. Στις σελίδες που ακολουθούν περιγράφουμε ένα τέτοιο όργανο ικανό να απομνημονεύσει και να απεικονίσει ψηφιακά σήματα.



### Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Συχνότητα δειγματοληψίας: 200 Hz-2 MHz

Κανάλια: 4

Στάθμη σημάτων εισόδου: 0-5 V

Μνήμη: 1024 δείγματα ανά κανάλι

Στάθμες σκανδαλισμού: +Ve και -Ve

Μέτωπο σκανδαλισμού: οριζόμενο για κάθε κανάλι

Απεικόνιση: οθόνη LCD τύπου μήτρας 64 x 128 κουκκίδων

Τάση τροφοδοσίας: μπαταρία PP3 των 9 V

Ο καλύτερος τρόπος για να παρακολουθήσει κάποιος τις μεταβολές των σημάτων μιας ψηφιακής συσκευής προβλέπει, δίχως άλλη κουβέντα, τη χρήση ενός λογικού αναλυτή. Δεν είναι λίγες οι φορές που ένα τέτοιο όργανο χρησιμοποιείται 'στα γρήγορα' για την επιβεβαίωση της παρουσίας μιας αλληλουχίας σημάτων ή, σε κάποιες άλλες περισσότερο επαγγελματικές εργασίες, για τον εντοπισμό πολύπλοκων βλαβών. Ο λογικός αναλυτής που παρουσιάζουμε σήμερα είναι σε θέση να καλύψει και τις δύο παραπάνω ανάγκες, λόγω της συμπαγούς κατασκευής του και της φορητότητας που του εξασφαλίζουν οι

μπαταρίες του. Η συχνότητα δειγματοληψίας του φθάνει τα 2 MHz, ενώ η μνήμη του είναι επαρκής για την αποθήκευση 1024 δειγμάτων ανά κανάλι. Για την απεικόνιση των κυματομορφών χρησιμοποιεί μια οθόνη τύπου μήτρας διαστάσεων 64 x 128 κουκκίδων.

### Το κύκλωμα

Το βασικότερο εξάρτημα της κατασκευής μας (σχ. 1) δεν είναι άλλο από έναν PIC18F4850 (IC2). Το εξάρτημα αυτό φροντίζει για τη δειγματοληψία / καταγραφή των ψηφιακών σημάτων και την απεικόνιση τους στην οθόνη υγρών κρυστάλλων. Ως μονάδες εισόδου χρη-

σιμοποιεί πέντε πιεστικούς διακόπτες (S1 - S5). Για το χρονισμό του βασίζεται σε έναν κρύσταλλο 10 MHz, που με τη σειρά του ορίζει τη μέγιστη συχνότητα δειγματοληψίας. Το σήμα του κρυστάλλου πολλαπλασιάζεται από το ενσωματωμένο PLL δίνοντας ένα τελικό στα 40 MHz. Η συχνότητα αυτή αποτελεί και τη μέγιστη δυνατή που προβλέπει η Microchip για το συγκεκριμένο προϊόν.

Οι δίοδοι D1 - D8 προστατεύουν τις τέσσερις εισόδους (κανάλια) από θετικές ή αρνητικές υπερτάσεις. Τα σήματα εισόδου οδηγούνται σε ένα ολοκληρωμένο τύπου 74HC04N, το οποίο τα απομονώνει οδηγώντας τα κατόπιν στις ακίδες RA1 - RA4 του μικροελεγκτή. Το γεγονός ότι τα παραπάνω σήματα υφίστανται αναστροφή δεν μας ενοχλεί καθόλου, αφού, με πολύ λίγες εντολές, το λογισμικό τα ξαναφέρει στη θέση τους.

Η μεταβλητή αντίσταση P1 χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει την αντίθεση των κυματομορφών στην οθόνη, ενώ το T1 ελέγχει τον φωτισμό του υποβάθρου. Ο βομβητής Bz1 ηχεί κάθε φορά που ξεκινάει μια δειγματοληψία ή πραγματοποιείται μεταγωγή από την κατάσταση διαρκούς δειγματοληψίας στην κατάσταση συγκράτησης των κυματομορφών. Για την κατάπνιξη των παρασιτικών

αναπηδήσεων φροντίζει ο ίδιος ο μικροελεγκτής, γεγονός που καθιστά περιττή τη χρήση πρόσθετων εξαρτημάτων.

Το κύκλωμα τροφοδοσίας παρέχει δύο διαφορετικές τάσεις: μια σταθεροποιημένη +5 V για τα ψηφιακά κυκλώματα και μια ασταθεροποιητή +9 V για το φωτισμό της οθόνης. Η πηγή και των δύο αυτών τάσεων μπορεί να είναι είτε ένα συνηθισμένο τροφοδοτικό πρίζας 9 - 12 V DC είτε μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία των 9 V.

Για τη φόρτιση της μπαταρίας φροντί-

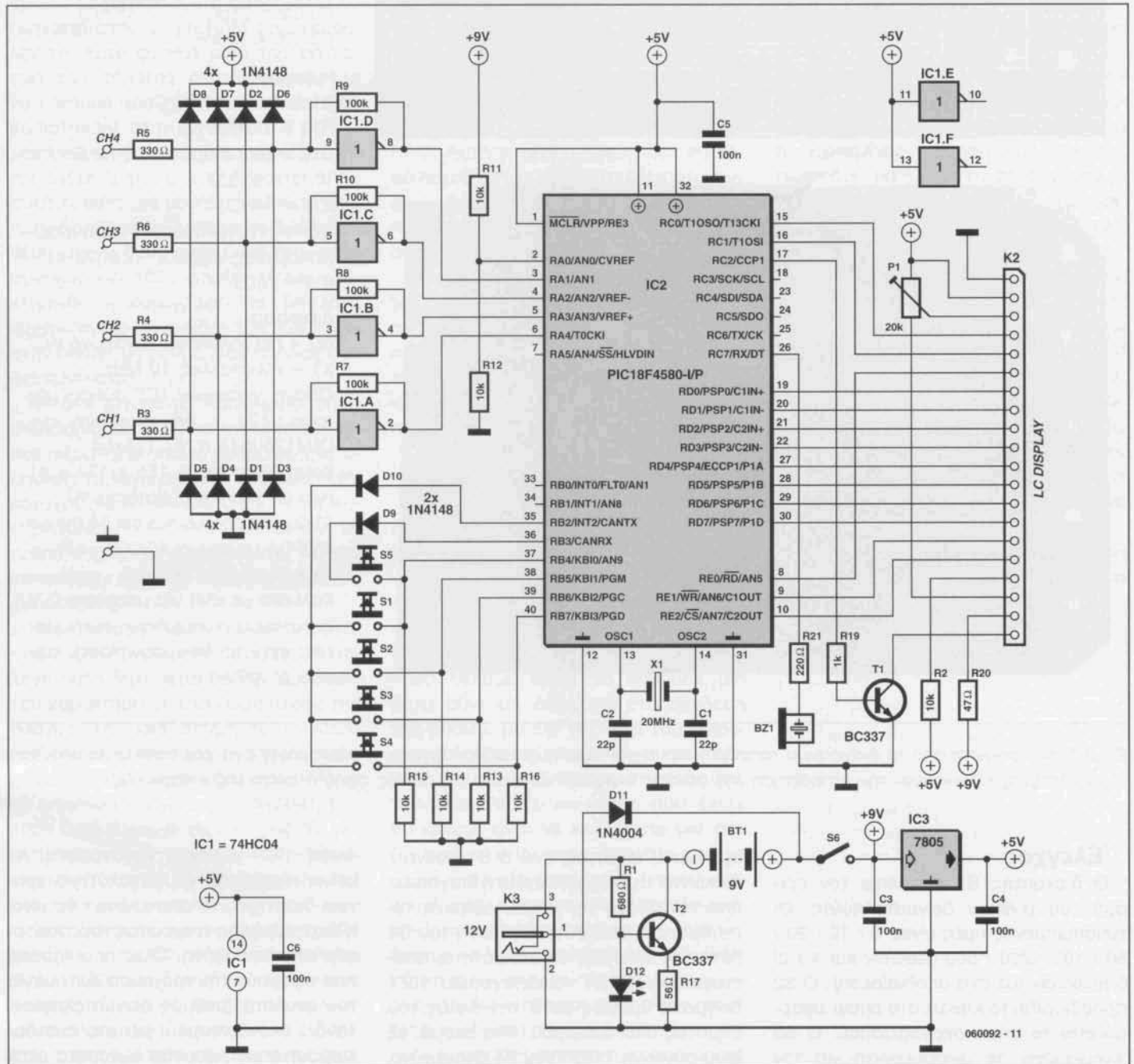
ζει η πηγή ρεύματος που σχηματίζεται από τα T2, R1, R17, D12. Τίθεται αυτόματα σε λειτουργία κάθε φορά που η κατασκευή συνδέεται με ένα εξωτερικό τροφοδοτικό πρίζας. Αν στη θέση της D12 χρησιμοποιηθεί ένα συνηθισμένο κόκκινο LED με τάση ορθής φοράς 1,5 V, το ρεύμα φόρτισης θα είναι ίσο με:

$$(1,5 - 0,6) / 56 = 16 \text{ mA}$$

Με το ρεύμα αυτό μπορείτε να φορτίσετε άφοβα στο 1/10 της ονομαστικής της χωρητικότητας μια επαναφορτιζό-

μενη μπαταρία NiMH των 170 mAh. Το μόνο που πρέπει να εξασφαλίσετε είναι η αδιάκοπη φόρτισή της για δέκα συνεχόμενες ώρες. Σημειώνουμε ότι το LED D12 εκτός από πηγή τάσης αναφοράς εργάζεται και ως ενδεικτικό φόρτισης της μπαταρίας.

Αν δεν θέλετε να χρησιμοποιήσετε επαναφορτιζόμενη μπαταρία, κανείς δεν σας εμποδίζει να τοποθετήσετε μια αλκαλική των 9 V. Σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να θέσετε εκτός λειτουργίας το κύκλωμα του φορτιστή.



Σχ. 1. Ο μικροελεγκτής αποτελεί την 'καρδιά' της κατασκευής.

## Κατάλογος υλικών

### Αντιστάσεις:

R1 = 680Ω  
 R2,R11-R16 = 10 ΚΩ  
 R3-R6 = 330Ω  
 R7-R10 = 100ΚΩ  
 R17 = 56Ω  
 R19 = 1ΚΩ  
 R20 = 47Ω  
 R21 = 220Ω  
 P1 = πολύστροφη ρυθμιστική αντίσταση 20ΚΩ (κατακόρυφη)

### Πυκνωτές:

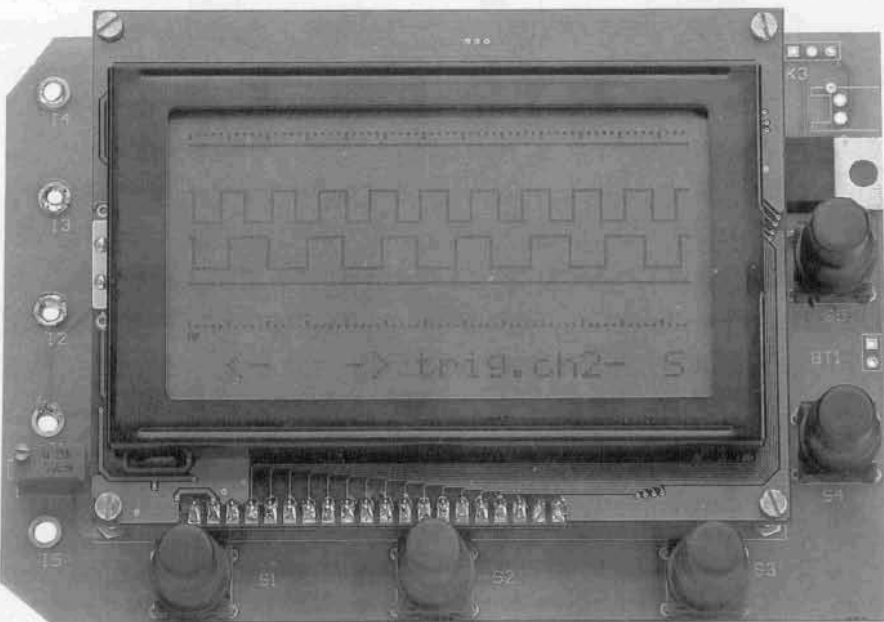
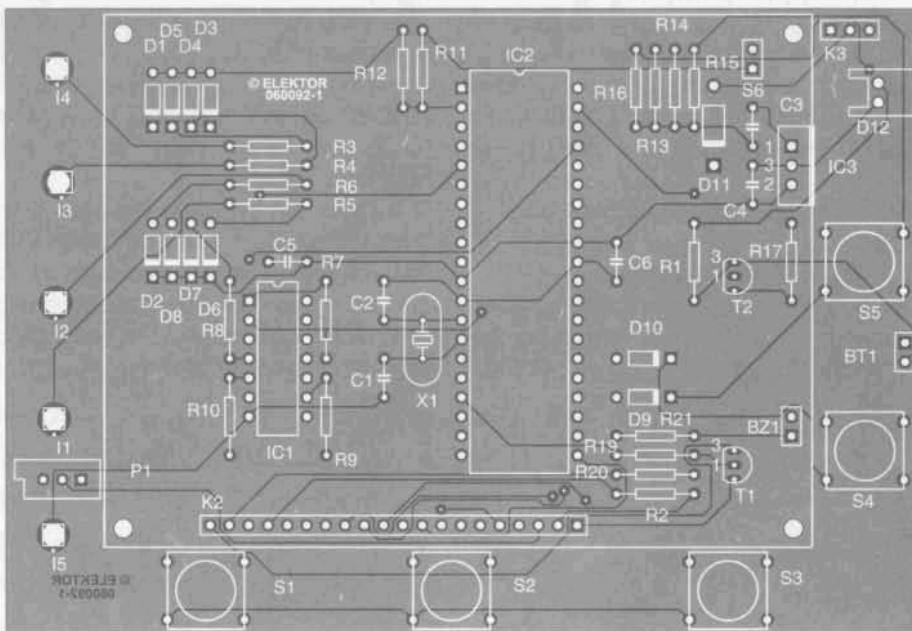
C1,C2 = 22pF  
 C3-C6 = 100nF

### Ημιαγωγοί:

D1-D10 = 1N4148  
 D11 = 1N4001  
 D12 = LED, διαμέτρου 5 mm  
 T1,T2 = BC337  
 IC1 = 74HC04  
 IC2 = PIC18F4580-I/P προγραμματισμένος, κωδικός: 060092-41  
 IC3 = 7805

### Διάφορα:

Bz1 = πιεζοηλεκτρικό μεγάφωνο (AC)  
 X1 = κρύσταλλος 10 MHz  
 Οθόνη γραφικών LCD τύπου μήτρας, 128 x 64 κουκίδων, π.χ. DEM128064A ή NLC128x64  
 Κουτί διαστάσεων 186 x 123 x 41 mm με θέση για μπαταρία 9V  
 S1-S5 = πιεστικοί διακόπτες (Multimes RA3FT16 με κουμπι AQC09-24.2)  
 S6 = διακόπτης on / off  
 Καλώδιο με κλιπ για μπαταρία 9 V  
 Διάγραμμα τυπωμένου κυκλώματος: από το free download, αρχείο 060092-1



Σχ. 2. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα τοποθέτησης των υλικών, η συναρμολόγηση της κατασκευής είναι μια πολύ απλή υπόθεση. Ο συνδετήρας K2 επιτρέπει την τοποθέτηση της οθόνης ακριβώς πάνω από την διπλής όψης πλακέτα της κατασκευής.

## Έλεγχος

Ο διακόπτης S1 επιτρέπει τον ορισμό του ρυθμού δειγματοληψίας. Οι τυποποιημένες τιμές είναι: 5 / 10 / 20 / 50 / 100 / 200 / 500 μsec/div και 1 / 2 / 5 msec/div (μs ανα υποδιαίρεση). Ο S2 προσδιορίζει το κανάλι στο οποίο εφαρμόζεται το σήμα σκανδαλισμού. Ο S3 'ενημερώνει' το μικροελεγκτή για τον αν ο σκανδαλισμός θα γίνεται στο ανερχόμενο ή στο κατερχόμενο μέτωπο του

ομώνυμου σήματος, ενώ ο S4 εκκινεί / διακόπτει τη δειγματοληψία ή διαγράφει από την οθόνη την απεικονιζόμενη κυματομορφή. Μια σύντομη πίεση του S4 θέτει τον αναλυτή σε ετοιμότητα, προετοιμάζοντας τον να καταγράψει 1024 δείγματα αμέσως μετά την άφιξη του σήματος σκανδαλισμού. Μια ακόμα, εξ ίσου σύντομη, πίεση του S4 επανεκκινεί τη δειγματοληψία (και πάλι μετά από την άφιξη του σήματος σκανδαλισμού) για

άλλες 1024 συνεχείς καταγραφές. Αν μείνει πιεσμένος για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, το αποτέλεσμα θα είναι η διαγραφή της τρέχουσας κυματομορφής από την οθόνη. Όλες οι ρυθμίσεις που αφορούν την τρέχουσα λειτουργία του αναλυτή (ρυθμός δειγματοληψίας, κανάλι σκανδαλισμού, μέτωπο σκανδαλισμού) αποθηκεύονται αυτόματα στην EEPROM του μικροελεγκτή, έτσι ώστε αυτές να αποτελέσουν τις αρχικές ρυθ-

μίσεις του οργάνου μόλις αυτό ξανατεθεί σε λειτουργία.

Ο διακόπτης S5 ανάβει / σβήνει τον φωτισμό του υποβάθρου της οθόνης LCD κάτω από τον έλεγχο του λογισμικού. Για λόγους που έχουν σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας, το φως σβήνει αυτόματα μετά από 1,5 λεπτό ή όταν είναι ενεργή η ένδειξη χαμηλής μπαταρίας (Lo Batt).

## Λειτουργία

Για να εξασφαλίσουμε το μεγαλύτερο δυνατό ρυθμό δειγματοληψίας, το λογισμικό του μικροελεγκτή αποθηκεύει τα δείγματα στην μνήμη RAM του μικροελεγκτή. Αυτό φυσικά μετά τον εντοπισμό του σήματος σκανδαλισμού. Για να κάνουμε πράξη την παραπάνω ιδέα βασιστήκαμε στην εντολή `monff port a, rostinc0`, η οποία αφού αποθηκεύσει το περιεχόμενο της θύρας RA στην RAM, αυξάνει κατά μια μονάδα το δείκτη που προσδιορίζει την επόμενη διαθέσιμη θέση της. Η διαδικασία αυτή εκτελείται συνεχώς για 1024 φορές. Μόλις ολοκληρωθεί η καταγραφή, τα δείγματα εμφανίζοντας σε ομάδες των 128 πάνω στην οθόνη, με ρυθμό μιας ομάδας ανά δευτερόλεπτο.

Αν δεν εντοπιστεί καινούργιο σήμα σκανδαλισμού μέσα σε τρία δευτερόλεπτα (εξαρτάται από το ρυθμό δειγματοληψίας) το λογισμικό του μικροελεγκτή, καταγράφει 128 δείγματα και τα απεικονίζει αμέσως στην οθόνη. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης ενημερώνεται για την κατάσταση ηρεμίας του ελεγχόμενου κυκλώματος.

Μια σύντομη πίεση του S4 ενεργοποιεί τις λειτουργίες της μνήμης. Η επιλογή αυτή δηλώνεται με την εμφάνιση του χαρακτήρα 'R' στο δεξιό μέρος της οθόνης. Την ίδια στιγμή το κύκλωμα περνάει σε κατάσταση αναμονής περιμένοντας το σήμα σκανδαλισμού. Μόλις το εντοπίσει και γίνει η καταγραφή των 1024 δειγμάτων, ο χαρακτήρας 'R' μετατρέπεται σε 'S', ενώ πάνω στην οθόνη απεικονίζονται τα πρώτα 128 δείγματα του κάθε ενός καναλιού. Σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, οι διακόπτες S1 και S2 κάνουν δυνατή την απεικόνιση των υπόλοιπων δειγμάτων (διακόπτες κύλισης). Σύντομες πιέσεις προκαλούν μικρά άλματα στο εσωτερικό της RAM, ενώ οι περισσότερες μακροχρόνιες αναγκάζουν το μικροελεγκτή να απεικονίσει δείγματα αποθηκευμένα σε περισσότε-

ρο 'μακρινές' θέσεις της μνήμης RAM. Σε όλες τις περιπτώσεις, στο κάτω μέρος της οθόνης φαίνεται ένας δρομέας που προσδιορίζει χονδρικά την απεικονιζόμενη περιοχή της μνήμης RAM.

Μια ακόμα σύντομη πίεση του S4 αρκεί για να ξεκινήσει ένας καινούργιος κύκλος καταγραφών. Μετά την ολοκλήρωσή του θα εμφανιστούν στην οθόνη εκείνα τα δείγματα που έχουν αποθηκευτεί στις θέσεις μνήμης που απεικονίζονταν προηγουμένως. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη όταν ο χρήστης επιθυμεί να μελετήσει τις στάθμες των σημάτων όχι αμέσως μετά το σκανδαλισμό, αλλά λίγο αργότερα από αυτόν.

Κρατώντας τον S4 πιεσμένο έως ότου ακουστεί από το βομβητή ένα σύντομο μπιπ, ο αναλυτής καταγράφει ένα καινούργιο σύνολο δειγμάτων τα οποία αποθηκεύει, όπως πάντα, στη μνήμη RAM. Αυτή τη φορά όμως, δεν θα εμφανιστούν στην οθόνη τα δείγματα των ίδιων διευθύνσεων, όπως σημειώσαμε προηγουμένως. Η απεικόνιση θα αρχίσει από την αρχή (θέση 0000).

Αν επιμείνετε να κρατάτε πιεσμένο το διακόπτη S4 έως ότου ακούσετε ένα ακόμα μπιπ, ο αναλυτής θα 'βγει' από το συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας (λειτουργία μνήμης), επιστρέφοντας στην καταγραφή / απεικόνιση 128άδων σε πραγματικό χρόνο.

## Κατασκευή

Αποφύγαμε να χρησιμοποιήσουμε εξαρτήματα Επιφανειακής Στήριξης (SMD) και ιδιαίτερα 'πυκνά' τυπωμένα κυκλώματα για να είμαστε σίγουροι πως όλα θα πάνε καλά. Δείτε λοιπόν την αναγκαία προσοχή και η κατασκευή σας θα δουλέψει αμέσως.

Θα θέλαμε όμως να κάνουμε μια έστω σύντομη αναφορά στη σύνδεση της οθόνης με την πλακέτα του μικροελεγκτή. Από τη στιγμή που η καλύτερη θέση για αυτήν είναι πάνω ακριβώς από την πλακέτα, το καλύτερο που έχετε να κάνετε είναι να κολλήσετε μια σειρά ακίδων στην πίσω όψη της και μια σειρά θηλυκών υποδοχών (τύπου `wire wrap`) στην πλακέτα του μικροελεγκτή. Η κόλληση της θηλυκής σειράς είναι καλύτερο να γίνει αφού έχει ήδη βιδωθεί η οθόνη πάνω από την πλακέτα του μικροελεγκτή. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η μέγιστη μηχανική αντοχή.

Αν χρησιμοποιήσετε το προτεινόμενο κουτί, μην παραλείψετε να κόψετε τις γωνιές της πλακέτας, έτσι ώστε να μην

παρεμποδίζεται η τοποθέτηση της από τις βίδες που στερεώνεται το καπάκι του.

## Σχόλια

Αν κατά τη χρήση του αναλυτή δεν χρειάζεστε όλα τα κανάλια του, είναι καλύτερο να οδηγήσετε τα αχρησιμοποίητα στη γη. Αν τα αφήσετε ανοικτά θα 'αρπάξουν' παράσιτα που με τη σειρά τους θα γεμίσουν την οθόνη με ενοχλητικά 'σκουπίδια'.

Είναι προφανές ότι λόγω των σχετικά χαμηλών ρυθμών δειγματοληψίας, ο αναλυτής μας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κυκλώματα υψηλών ταχυτήτων. Οι εφαρμογές που μπορείτε να τον χρησιμοποιήσετε αφορούν 'αργούς' μικροελεγκτές, κυκλώματα σειριακής επικοινωνίας κλπ. Όσο όμως και αν νομίζετε πως οι δυνατότητες του είναι περιορισμένες, η χρήση του μας έπεισε πως κάνει θαυμάσια τη δουλειά του με τις περισσότερες κατασκευές που συναρμολογεί ο μέσος ερασιτέχνης ηλεκτρονικός.

Το τυπωμένο κύκλωμα της πλακέτας μπορείτε να το 'κατεβάσετε' από το δικτυακό τόπο του Ελέκτορ, αναζητώντας το με τον κωδικό 060092-1.zip. Αν μάλιστα κάποιος από εσάς μπορείτε να προγραμματίσετε μόνοι σας το μικροελεγκτή, θα σας προτείναμε να 'κατεβάσετε' το πηγαίο αρχείο 060092-11.zip το οποίο απαραίτητως θα πρέπει να 'περάσετε' από τον σχετικό συμβολομεταφραστή.

Από τη στιγμή που συναρμολογήσετε την κατασκευή και την τοποθετήσετε στο κουτί της, είναι έτοιμη για χρήση. Καλές μετρήσεις. (060092-1)